

## **Suggesting an Equation to Predict the Shear Strength of High and Low Strength Concrete Beams Without Stirrups Depending on Regression Analysis of Available Experimental Database**

Dr. Nisrin ALJUBAYLI\*

(Received 20 / 8 / 2019. Accepted 6 / 11 / 2019)

### **□ ABSTRACT □**

Determining the shear strength of concrete is an important and complex problem in structural design, as the shear failure of concrete beams occurs suddenly, without warning. Most of countries have own Design codes, based on empirical equations to predict the shear strength of the concrete beam, as well as the equations suggested by many of researchers that aim to predict an accurate value of shear strength.

This study presents an equation to predict the shear strength at failure of the high and low strength concrete beams, based on the regression analysis of experimental results of previous studies of 153 samples. In order to verify the validity of the proposed equation, a statistical study was conducted to compare the suggested equation with those in reference studies. The study showed that the proposed equation is conservative and gives more accurate values of the ultimate shear strength compared to others previous equations.

**Keywords:** shear strength, concrete, high strength concrete, shear span to depth ratio, regression analysis.

---

\*Work Manager, Department Of structural Engineering–Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## اقترح علاقة لمقاومة القص لجوائز البيتون العادي والعالي المقاومة بدون تسليح عرضي بالاعتماد على تحليل الانحدار لقاعدة بيانات تجريبية متوفرة

د. نسرين الجبيلي\*

(تاريخ الإيداع 20 / 8 / 2019. قُبِلَ للنشر في 6 / 11 / 2019)

### □ ملخص □

يعتبر تحديد مقاومة البيتون على القص مسألة هامة ومعقدة في التصميم الإنشائي، باعتبار أن الانهيار على القص هو انهيار هش مفاجئ ويتأثر بالعديد من العوامل. لقد اعتمدت معظم البلدان في كوداتها التصميمية علاقات تجريبية لتوقع مقاومة الجوائز البيتونية على القص، كما يوجد العديد من العلاقات التي اقترحت من قبل بعض الباحثين بهدف الوصول لعلاقة تعطي قيمة دقيقة لمقاومة القص قريبة من القيم التجريبية. يقدم هذا البحث اقتراح علاقة لتوقع مقاومة القص الحدية لجوائز البيتون العادي والعالي المقاومة، وذلك بالاعتماد على تحليل الانحدار لنتائج تجريبية لأبحاث سابقة بلغ عددها 153 عينة جازية. وللتحقق من صحة العلاقة المقترحة تم إجراء دراسة إحصائية للمقارنة بين هذه العلاقة والعلاقات الواردة في الدراسات المرجعية. بينت الدراسة أن العلاقة المقترحة هي علاقة محافظة وتعطي قيمة أكثر دقة لمقاومة القص الحدية مقارنة ببقية العلاقات الواردة في الدراسات المرجعية.

**الكلمات المفتاحية:** مقاومة القص، البيتون العادي، البيتون العالي المقاومة، نسبة مجاز القص إلى الارتفاع الفعال لمقطع الجائز، تحليل الانحدار.

\* مدير أعمال - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين . اللاذقية. سورية.

**مقدمة:**

يعتبر البيتون المادة الأساسية المستخدمة في صناعة البناء والتشييد، لما يتمتع به من عامل مرونة عالي ومقاومة كيميائية ونفاذية وانكماش قليلين [1]. إلا أن البيتون مادة هشة ذات مقاومة ضعيفة على الشد والقص، ويحدث انهيار القص لجوائز البيتون بشكل سريع ومفاجئ دون سابق إنذار. بينت دراسات عديدة أن انهيار الجوائز البيتونية على القص يتأثر بالكثير من العوامل (النسبة  $(a/d)$  التي تمثل طول مجاز القص بالنسبة للارتفاع الفعال للمقطع، نسبة تسليح الشد  $\rho$ ، مقاومة البيتون على الضغط  $(f'_c)$ ، الارتفاع الفعال للمقطع  $(d)$ ، القطر الأعظمي للحصويات المستخدمة  $d_a$ ، كثافة البيتون، طبيعة التحميل، طبيعة الاستناد، مقاومة البيتون على الشد  $f_t$ ، ...). وقد استخدمت معظم الكودات التصميمية العالمية علاقات تجريبية لحساب المقاومة على القص كنتيجة للطبيعة المعقدة لآلية الانهيار على القص والعوامل الكثيرة المؤثرة عليها. وقد تم استنتاج هذه العلاقات تجريبياً بالاعتماد على تحليل الانحدار (regression analysis) لنتائج الاختبارات التجريبية. كما طور باحثون علاقات مختلفة لتوقع مقاومة القص بالاعتماد على معطيات تجريبية ومفاهيم نظرية، ولكل علاقة من هذه العلاقات ميزات ومساوئها.

بشكل عام، تتحدد مقاومة البيتون على القص في الجوائز البيتونية بدون تسليح عرضي RC بالبيانات نقل القص، إذ تتم مقاومة القص في الجوائز المتشققة قطعياً بمساهمة بيتون منطقة الضغط، ومساهمة تسليح الشد، ومساهمة السطح البيني للشق في نقل القص والنتيجة عن تشابك الحصويات، يشكل مجموع هذه المركبات الثلاثة ما يسمى عمل الجوائز beam action. كما يوجد آلية أخرى تساهم في مقاومة القص وهي مساهمة العمل القوسي Arching action والتي تزداد فعاليتها بنقصان النسبة  $a/d$  [2,3].

**علاقات مقاومة القص لعناصر البيتون المسلح بدون تسليح عرضي RC:**

**(a) - علاقة مقاومة القص حسب الكود الأمريكي ACI 318-08 [3,4]، تعطى بالصيغة:**

$$v_u = \left( 0.16 \sqrt{f'_c} + 17\rho \frac{V_U d}{M_U} \right) \leq 0.29 \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

حيث:  $\rho$ : نسبة تسليح الشد،  $f'_c$ : المقاومة على الضغط،  $d$  العمق الفعال للجوائز.  $V_U$  و  $M_U$ : هما قوة القص والعزم المصعدين على المقطع والحاصلين في آن واحد.

**(b) - علاقة مقاومة القص حسب الكود البريطاني BS 8110-97 [5] لها الشكل التالي:**

$$v_u = 0.79(100\rho)^{1/3}(400/d)^{1/4}(f_{cu}/25)^{1/3} \frac{1}{\gamma_m} \quad (2)$$

حيث:  $1 < 400/d < 3$ ،  $(100\rho) < 3$

$f_{cu}$ : المقاومة المكعبية للبيتون على الضغط ( $f_{cu} \leq 40MPa$ ).

$d$ : الارتفاع الفعال للعنصر (mm).  $\gamma_m = 1.25$ : عامل أمان جزئي لمقاومة المادة.

**(c) - علاقة مقاومة القص حسب الكود الياباني JSCE [6] تعطى بالصيغة:**

$$v_u = 0.2 f'_c \frac{1}{3} (100 * \rho)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{1000}{d} \right)^{0.25} \quad (3)$$

حيث:  $f'_c < 80 MPa$ ،  $0.2 f'_c \frac{1}{3} < 0.72 MPa$

(d) - علاقة مقاومة القص حسب الكود NZS3101 [7] تعطى بالصيغة التالية:

$$v_u = K_d K_a V_b \quad (4)$$

حيث:

$$V_b = \min \begin{cases} (0.07 + 10 * \rho) * \sqrt{f'_c} \\ 0.2 * \sqrt{f'_c} \end{cases}, \quad V_b \geq 0.08 * \sqrt{f'_c}$$

$$\begin{aligned} d \leq 400mm &\rightarrow K_d = 1 \\ d > 400mm &\rightarrow K_d = \left(\frac{400}{d}\right)^{0.25} \end{aligned}$$

العامل  $K_a$  يأخذ بعين الاعتبار تأثير القطر الأعظمي للحصويات  $D_{max}$ :

$$\begin{aligned} D_{max} \geq 20mm &\rightarrow K_a = 1 \\ D_{max} < 10mm &\rightarrow K_a = 0.85 \end{aligned}$$

ولكن عندما تكون  $d \leq 200mm$ :

$$\begin{aligned} d \leq 200mm &\rightarrow K_d = 1 \\ v_u &= \max \begin{cases} K_d K_a V_b \\ 0.17 * K_a * \sqrt{f'_c} \end{cases} \end{aligned}$$

(e) - علاقة مقاومة القص حسب الكود الكندي CSA-A23.3 (2004) [8] تعطى بالصيغة:

$$v_u = 0.2 \sqrt{f'_c} \quad (5)$$

حيث:  $\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$

(f) - علاقة مقاومة القص حسب Zsutty (1968) [9,10]:

اقترح الباحث Zsutty علاقته بالاعتماد على نتائج اختبار 200 جانز، وقد لاحظ أن هناك نقطة حدية ( $a/d=2.5$ ) على المنحني الذي يمثل العلاقة بين قوة القص الحدية والنسبة  $a/d$ ، إذ ينهار الجانز تحت تأثير عمل الجانز عندما  $a/d \geq 2.5$ ، في حين ينهار الجانز تحت تأثير العمل القوسي من أجل  $a/d < 2.5$ ، لذلك اقترح علاقتين لحساب مقاومة القص على الشكل التالي:

$$\begin{aligned} v_u &= 2.3 \left(f'_c \rho \frac{d}{a}\right)^{1/3} & \text{for } \frac{a}{d} \geq 2.5 & \quad (6-a) \\ v_u &= 2.3 \left(f'_c \rho \frac{d}{a}\right)^{1/3} \times 2.5 \left(\frac{d}{a}\right) & \text{for } \frac{a}{d} < 2.5 & \quad (6-b) \end{aligned}$$

(g) - علاقة مقاومة القص حسب shah (2009) [10] تعطى بالشكل التالي:

$$v_u = (0.026f'_c + 0.507\rho - 0.208 a/d) \quad (7)$$

(h) - علاقة مقاومة القص حسب Sudheer Reddy (2010) [1, 11]:

اشتقت العلاقة بالاعتماد على النتائج التجريبية لجوائز بيتون عالي المقاومة  $f'_c = 70 \text{ MPa}$  وقيم مختلفة للنسبة  $a/d=1, 2, 3, 4$  لها الشكل التالي:

$$v_u = 32 \left( \left( \frac{f_t}{a/d} \right) \rho \right)^{0.8} \quad (8)$$

$f_t$ : مقاومة البيتون على الشد

### أهمية البحث وأهدافه:

يتأثر انهيار الجوائز البيتونية على القص بالكثير من العوامل، وحتى الآن لا يوجد علاقة فيزيائية منطقية لتوقع مقاومة القص، ولذلك تستخدم معظم الكودات التصميمية علاقات تجريبية لتوقع مقاومة القص، والمشتقة تجريبياً بالاعتماد على تحليل الانحدار (regression analysis) لنتائج الاختبارات التجريبية. بالإضافة إلى أنّ العلاقات المقترحة من قبل بعض الباحثين اشتقت بالاعتماد على معطيات تجريبية ومفاهيم نظرية، ولكل علاقة من هذه العلاقات ميزات ومساوئ. يهدف هذا البحث لاقتراح علاقة جديدة لتوقع مقاومة القص عند الانهيار والتي يمكن تطبيقها في حال عناصر البيتون العادي والعالي المقاومة، وذلك بالاعتماد على تحليل الانحدار للنتائج التجريبية (153 عينة متوفرة في الدراسات المرجعية). وللتحقق من قدرة العلاقة على توقع مقاومة القص، فقد تمت مقارنة النتائج التي تعطيها هذه العلاقة مع النتائج التي تعطيها بعض العلاقات الواردة في الدراسات المرجعية وذلك بإجراء دراسة إحصائية، كما تم أيضاً دراسة مدى حساسية جميع هذه العلاقات لتغير العوامل الأساسية المؤثرة في مقاومة القص  $(\rho, a/d, f'_c)$ .

### طرائق البحث ومواده:

اعتمد هذا البحث على إجراء دراسة نظرية شملت العوامل المؤثرة على مقاومة القص لجوائز البيتون بدون تسليح عرضي، وأيضاً علاقات مقاومة القص المتاحة في بعض الكودات والدراسات المرجعية. تم الاستفادة من نتائج اختبار جوائز بيتونية بدون تسليح عرضي (153 عينة) واردة في الدراسات المرجعية [12, 13, 14, 15, 16, 17] مع المحافظة على أسماء هذه العينات حسب ورودها في المرجع. تم الاعتماد على برنامج Excel لانجاز الدراسة الإحصائية بهدف الوصول لعلاقة تعطي قيمة دقيقة لمقاومة القص عند الانهيار. يبين الجدول (1) تفاصيل ونتائج اختبار هذه الجوائز، حيث حمولة القص الحدية المسببة للانهيار مقدرة بـ  $kN$ ، أما  $v_u$  فتتمثل مقاومة القص الحدية وتساوي  $v_u = V_u / (bd)$ ،  $b$ : عرض العنصر (mm). تراوحت قيم المقاومة المميزة على الضغط للعينات المتاحة  $12.2 \leq f'_c \leq 80 \text{ MPa}$  ونسبة تسليح الشد  $0.72\% \leq \rho \leq 9.42\%$ ، وقيم النسبة  $0.81 \leq a/d \leq 6.09$  وقيم الارتفاع الفعال للجوائز  $85 \leq d \leq 541 \text{ mm}$ .

الجدول (1) تفاصيل الجوائز ونتائج اختبار الجوائز المعتمدة في الدراسة

المرجع	$v_u$	$V_u$	$b$	$d$	$a/d$	$\rho$	$f'c$	اسم الجائزة
[12]	1.60	57.9	175	207	4.5	4	44.6	B61-R
[12]	3.48	181	200	260	3.46	3.56	45.7	1.2/1
[12]	8.08	420	200	260	1.54	1.81	42.4	2.2/1
[12]	3.02	157	200	260	2.5	1.15	41.6	2.3/1
[12]	4.62	240	200	260	2.5	1.81	41.6	2.4/1
[12]	2.63	150	200	285	4.04	1.81	42.4	2.6/1
[12]	1.51	79.3	200	263	3	2.8	32.6	SFSCCB <sub>o</sub>
[12]	2.44	24.9	120	85	3.54	1.54	23.1	V1A
[12]	2.91	29.7	120	85	3.54	1.54	23.1	V1B
[12]	3.56	36.3	120	85	3.54	1.54	57.0	V4A
[12]	3.57	36.4	120	85	3.54	1.54	57.0	V4B
[12]	2.72	54.8	130	155	3.55	1.59	57.0	V7A
[12]	2.32	46.7	130	155	3.55	1.59	57.0	V7B
[12]	2.78	28.4	120	85	3.53	1.54	36.1	VP1A
[12]	2.65	27	120	85	3.53	1.54	36.1	VP1B
[12]	6.89	64.4	110	85	1.94	1.84	75.3	V12A
[12]	5.43	50.8	110	85	1.94	1.84	75.3	V12B
[12]	1.23	40.5	150	219	2.8	1.91	41.2	A00
[12]	1.51	49.5	150	219	2	1.91	41.2	B <sub>oo</sub>
[12]	2.76	23.5	50	170	2.41	2.37	32.5	PCB1
[12]	5.33	45.3	50	170	1.62	2.37	32.5	PCB2
[12]	8.76	74.5	50	170	0.81	2.37	32.5	PCB3
[12]	3.31	42.4	101	127	4.8	3.12	35.1	A1
[12]	3.23	41.4	101	127	4.8	3.12	35.1	A2
[12]	3.56	45.6	101	127	4.8	3.12	35.1	A3
[12]	1.15	14.4	100	125	3.2	0.8	32.5	A
[12]	3.59	34.8	85	114	2	3.13	52.0	P35
[12]	6.18	59.9	85	114	2	3.13	53.0	P38
[12]	1.36	42.5	150	209	2.87	1.08	44.8	1
[13]	2.00	52	135	193	2.5	2.4	27.2	B10
[13]	2.53	66	135	193	2.5	3.07	25.7	B11
[13]	2.46	64	135	193	2.5	3.07	25.1	B12
[12]	1.24	22.3	100	180	3	1.26	22.2	B31
[12]	2.65	29.3	85	130	2	2	50.0	Sp1
[12]	1.88	20.8	85	130	2.5	2	50.0	Sp2
[12]	1.82	20.1	85	130	3	2	50.0	Sp3
[12]	2.14	23.7	85	130	2	2	35.9	Sp4
[12]	1.69	18.7	85	130	2.5	2	30.5	Sp5
[12]	1.97	21.8	85	130	3	2	35.9	Sp6
[12]	1.69	22.09	100	131	2.34	1.72	21.0	A
[12]	1.63	64.5	150	263	1.9	1.34	42.3	S1
[12]	3.22	126.9	150	263	1.9	1.34	43.2	S2

[12]	7.14	125	100	175	2	4.71	80.0	1
[12]	3.28	57.4	100	175	3	4.71	80.0	4

تابع الجدول (1) تفاصيل الجوائز ونتائج اختبار الجوائز المعتمدة في الدراسة

المرجع	$v_u$	$V_u$	$b$	$d$	$a/d$	$\rho$	$f'c$	اسم الجائز
[12]	3.60	63	100	175	3	9.42	80.0	14
[12]	8.56	149.8	100	175	3	9.42	80.0	15
[12]	8.73	152.8	100	175	3	9.42	80.0	16
[12]	2.96	51.8	100	175	4.5	9.42	80.0	17
[12]	2.99	52.4	100	175	4.5	9.42	80.0	20
[12]	2.66	46.6	100	175	6	9.42	80.0	21
[12]	3.12	54.6	100	175	6	9.42	80.0	22
[14]	3.49	305	250	350	1.5	0.72	32.4	SN1
[14]	2.06	180	250	350	2.5	0.72	32.4	SN2
[14]	1.60	140	250	350	3.5	0.72	32.4	SN3
[15]	3.31	67.6	120	170	1.5	1.33	23.1	NN1
[15]	2.43	49.5	120	170	2	1.33	23.1	NN2
[15]	1.69	34.5	120	170	2.5	1.33	23.1	NN3
[15]	1.03	21	120	170	3	1.33	23.1	NN4
[15]	3.90	79.5	120	170	1.5	1.33	43.7	NM1
[15]	2.80	57.2	120	170	2	1.33	43.7	NM2
[15]	2.05	41.8	120	170	2.5	1.33	43.7	NM3
[15]	1.51	30.9	120	170	3	1.33	43.7	NM4
[15]	4.41	90	120	170	1.5	1.33	53.8	NH1
[15]	3.47	70.7	120	170	2	1.33	53.8	NH2
[15]	2.44	49.8	120	170	2.5	1.33	53.8	NH3
[15]	2.02	41.2	120	170	3	1.33	53.8	NH4
[16]	1.03	61.4	230	260	3	0.73	50.0	B2-1
[16]	0.95	56.7	230	260	3.5	0.73	50.0	B2-2
[16]	0.87	51.7	230	260	4	0.73	50.0	B2-3
[16]	0.78	46.8	230	260	4.5	0.73	50.0	B2-4
[16]	0.70	42.0	230	260	5	0.73	50.0	B2-5
[16]	1.32	79.0	230	260	3	1	50.0	B3-1
[16]	1.14	68.0	230	260	3.5	1	50.0	B3-2
[16]	1.01	60.4	230	260	4	1	50.0	B3-3
[16]	0.96	57.4	230	260	4.5	1	50.0	B3-4
[16]	0.85	50.7	230	260	5	1	50.0	B3-5
[16]	0.83	49.8	230	260	5.5	1	50.0	B3-6
[16]	1.93	115.7	230	260	3	1.5	50.0	B4-1
[16]	1.73	103.3	230	260	3.5	1.5	50.0	B4-2
[16]	1.50	89.6	230	260	4	1.5	50.0	B4-3
[16]	1.33	79.6	230	260	4.5	1.5	50.0	B4-4
[16]	1.16	69.5	230	260	5	1.5	50.0	B4-5
[16]	1.05	62.5	230	260	5.5	1.5	50.0	B4-6
[16]	2.47	147.7	230	260	3	2	50.0	B5-1

[16]	2.07	124.0	230	260	3.5	2	50.0	B5-2
[16]	1.70	101.6	230	260	4	2	50.0	B5-3
[16]	1.60	95.8	230	260	4.5	2	50.0	B5-4
[16]	1.43	85.7	230	260	5	2	50.0	B5-5

تابع الجدول(1) تفاصيل الجوائز ونتائج اختبار الجوائز المعتمدة في الدراسة

المرجع	$v_u$	$V_u$	$b$	$d$	$a/d$	$\rho$	$f'c$	اسم الجائز
[16]	1.28	76.8	230	260	5.5	2	50.0	B5-6
[17]	0.79	390.6	914	541	2.5	1.02	25.2	LD1-N
[17]	0.86	427.0	914	541	2.5	1.02	25.2	LD1-S
[17]	0.77	381.9	914	541	2.5	1.02	30.1	SR2-S
[17]	0.97	279.4	533	541	3.01	1.05	31.1	LD6-N
[17]	0.87	252.4	533	541	3.01	1.05	31.1	LD6-S
[17]	1.27	101.0	203	390	2.34	2.07	30.6	4A3
[17]	1.27	101.0	203	390	2.34	3.1	29.9	5A3
[17]	1.41	67.4	152	314	2.91	3.43	30.2	11A2
[17]	1.55	56.2	152	238	3.85	4.52	30.1	12A2
[17]	1.21	58.5	152	316	2.89	2.68	19.3	18A2
[17]	1.21	58.5	152	316	2.89	2.68	19.9	18B2
[17]	1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	22.6	18C2
[17]	1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	22.1	18D2
[17]	0.79	38.5	152	319	2.87	0.8	19.9	13A2
[17]	0.74	27.3	152	243	3.77	1.05	20.7	14A2
[17]	0.85	40.7	152	316	2.89	1.34	20.1	15A2
[17]	1.03	49.6	152	316	2.89	1.34	20.7	15B2
[17]	1.05	38.4	152	240	3.81	1.77	22.2	16A2
[17]	1.10	40.7	152	243	3.77	2.09	22.0	17A2
[17]	1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	19.8	18E2
[17]	1.17	42.9	152	240	3.81	3.53	20.6	19A2
[17]	1.24	45.1	152	238	3.85	4.52	21.0	20A2
[17]	1.31	63.1	203	238	3.85	5.09	19.9	21A2
[17]	0.87	33.9	152	256	4.77	0.99	21.9	1AC
[17]	0.83	32.1	152	254	4.8	1.32	23.0	2AC
[17]	1.05	41.0	152	256	4.77	1.99	20.8	3AC
[17]	1.00	38.7	152	254	4.8	2.63	16.5	4AC
[17]	1.01	38.7	152	252	4.83	3.35	18.3	5AC
[17]	1.42	54.3	152	250	4.87	4.29	22.8	6AC
[17]	0.72	28.0	152	256	5.96	0.99	19.0	1CC
[17]	0.81	31.5	152	254	6	1.32	20.8	2CC
[17]	0.95	36.9	152	256	5.96	1.99	20.5	3CC
[17]	1.07	41.3	152	254	6	2.63	20.6	4CC
[17]	1.19	45.8	152	252	6.04	3.35	20.3	5CC
[17]	1.20	45.8	152	250	6.09	4.29	20.6	6CC
[17]	1.35	51.8	152	252	3.62	3.35	20.1	6C
[17]	1.39	54.0	152	256	3.58	1.99	34.5	3AAC



[17]	1.45	56.2	152	254	3.6	2.63	29.2	4AAC
[17]	1.40	54.0	152	252	3.62	3.35	32.8	5AAC
[17]	1.53	58.4	152	250	3.65	4.29	34.4	6AAC
[17]	1.28	49.9	152	256	4.77	1.99	31.9	3AC
[17]	1.29	49.9	152	254	4.8	2.63	30.5	4AC
[17]	1.30	49.9	152	252	4.83	3.35	32.8	5AC

تابع الجدول (1) تفاصيل الجوائز ونتائج اختبار الجوائز المعتمدة في الدراسة

المرجع	$v_u$	$V_u$	$b$	$d$	$a/d$	$\rho$	$f'c$	اسم الجائز
[17]	1.42	54.3	152	250	4.87	4.29	34.1	6AC
[17]	1.30	50.2	152	254	6	2.63	38.4	4CC
[17]	1.42	54.7	152	252	6.04	3.35	37.4	5CC
[17]	1.37	52.4	152	250	6.09	4.29	38.4	6CC
[17]	1.04	40.7	152	256	3.58	1.99	12.6	3AAC
[17]	1.05	40.7	152	254	3.6	2.63	12.9	4AAC
[17]	1.23	47.3	152	252	3.62	3.35	15.4	5AAC
[17]	1.18	45.1	152	250	3.65	4.29	13.4	6AAC
[17]	0.94	36.5	152	256	4.77	1.99	13.7	3AC
[17]	0.94	36.5	152	254	4.8	2.63	12.9	4AC
[17]	1.12	43.2	152	252	4.83	3.35	15.4	5AC
[17]	1.07	41.0	152	250	4.87	4.29	12.4	6AC
[17]	0.72	28.0	152	256	5.96	1.99	12.2	3CC
[17]	0.94	36.4	152	254	6	2.63	17.1	4CC
[17]	0.90	34.7	152	252	6.04	3.35	14.7	5CC
[17]	1.02	39.1	152	250	6.09	4.29	13.7	6CC
[17]	0.89	86.9	203	483	3.16	1.56	16.8	C
[17]	1.18	45.8	152	254	6	2.63	35.7	Oca
[17]	1.35	52.4	152	254	6	2.63	39.0	Ocb
[17]	1.22	141.8	254	456	4.01	2.23	38.3	Oca
[17]	1.15	132.9	254	456	4.01	2.23	38.3	Ocb

### النتائج والمناقشة:

اتبعت الخطوات التالية لتطوير علاقة مقاومة القص [3]:

- 1- حساب قيم عامل الأداء الذي يمثل النسب  $(v_u/v_n)$ ، حيث  $v_u$  تمثل قيمة مقاومة القص الحديدية التجريبية و  $v_n$  تمثل مقاومة القص الحديدية النظرية المحسوبة وفق أي علاقة من العلاقات المدروسة.
- 2- إجراء دراسة تحليلية إحصائية لقيم عامل الأداء  $(v_u/v_n)$  لتحديد العلاقة الأكثر دقة في توقع مقاومة القص، أي العلاقة التي يحقق معامل أدائها  $(v_u/v_n)$  ما يلي:
  - قيمة متوسطة average قريبة من الواحد مع معامل انحراف أصغري (COV) coefficient of variation.

- قيمة معامل الارتباط R (Coefficient of correlation)  $|R| \geq 0.8$  ، مما يعني تطابق جيد بين النتائج التجريبية والنظرية المتوقعة التي تعطيها العلاقة بحسب [18]، أو معامل التحديد  $R^2$  Coefficient of determination أقرب ما يمكن للواحد.
- قيمة صغيرة minimum لعامل الأداء أكبر أو تساوي الواحد ( $v_u/v_n \geq 1$ ) لتحقيق عامل الأمان عند التصميم وفق العلاقة.
- قيمة عظمى maximum مقبولة لتحقيق الفاعلية الإنشائية structural efficiency. وسوف نعتمد عند المقارنة عدد العينات التي تحقق النسبة  $1 \leq v_u/v_n \leq 2$ ، وذلك لتحقيق عاملي الأمان والفاعلية الإنشائية.
- 3- إجراء التعديل المناسب على هذه العلاقة (العلاقة الأفضل) بما يتوافق والنتائج التجريبية المتاحة، وذلك بالاعتماد على تحليل الانحدار للنتائج التجريبية.
- 4- التحقق من فاعلية العلاقة المقترحة.
- 5- دراسة مدى حساسية (sensitivity) العلاقة المقترحة والعلاقات المدروسة لتغير العوامل الأساسية المؤثرة على مقاومة القص  $(f'_c, \rho, a/d)$ .

#### 1- إيجاد قيم عامل الأداء $(v_u/v_n)$ للعلاقات المدروسة وإجراء التحليل الإحصائي:

- تم إيجاد قيم عامل الأداء  $(v_u/v_n)$  للعلاقات المدروسة ACI318-08 و BS 8110 و JSCE و NZS3101 و CSA-A23.3 و Zsutty ، وإيجاد القيم الإحصائية اللازمة، كما هو مبين في الجدول (2).
- يبين التحليل الإحصائي لعامل الأداء  $v_u/v_n$  الوارد في الجدول (2) أن:
  - ✓ جميع العلاقات المدروسة ACI 318-08 و BS 8110 و NZS3101 و JSCE و CSA-A23.3 هي علاقات محافظة (conservative)، إذ أن القيمة المتوسطة لعامل الأداء  $(v_u/v_n > 1)$ .
  - ✓ إن معامل الانحراف (COV%) للعلاقتين Zsutty و JSCE 41.3% ، 44.1% على التوالي، وهاتين القيمتين أفضل مقارنة ببقية العلاقات.
  - ✓ أعطت العلاقتان Zsutty و JSCE قيم لمعامل التحديد  $R^2$  أكبر مقارنة بقيم معامل التحديد للعلاقات الأخرى.
  - ✓ إن عدد العينات غير الآمنة في حال علاقة الكود JSCE هو 94 عينة وفي حال علاقة Zsutty هو 64 عينة هذا يعني أن هاتين العلاقتين (overestimated) تبالغان في تقدير قوة القص المسببة للانهياب.
- من هذه المناقشة يتبين أن أكثر العلاقات ملائمة لإجراء التعديل عليها هي علاقة Zsutty.

#### 2- اقتراح تعديل على علاقة (Zsutty) بما يتوافق والنتائج التجريبية المتاحة:

تم تحديد شكل العلاقة الأساسي بشكل مشابه لعلاقة Zsutty بالشكل التالي:

$$v_u = A (f'_c)^B (\rho)^C \left(\frac{d}{a}\right)^D \quad \text{for } \frac{a}{d} \geq 2.5 \quad (9-1)$$

$$v_u = A (f'_c)^B (\rho)^C \left(\frac{d}{a}\right)^D E \times \frac{d}{a} \quad \text{for } \frac{a}{d} < 2.5 \quad (9-2)$$

تم إيجاد الثوابت  $A=8.5$ ,  $B=0.5$ ,  $C=0.5$ ,  $D=0.74$ ,  $E=2.9$  باستخدام أداة Solver المتاحة في برنامج Excel (استخدام تقنية تحليل الانحدار regression analysis للنتائج التجريبية  $(v_u)$  بحيث تتوافق النتائج الحسابية التي تعطيها العلاقة المقترحة  $v_n$  مع النتائج التجريبية  $(v_u)$ ).

فتصبح العلاقة بعد التعديل **Zsutty-modified** بالشكل التالي:

$$v_u = 8.5 (f'_c \rho)^{0.5} \left(\frac{d}{a}\right)^{0.74} \quad \text{for } \frac{a}{d} \geq 2.5 \quad (10-1)$$

$$v_u = 8.5 (f'_c \rho)^{0.5} \left(\frac{d}{a}\right)^{0.74} \quad 2.9 \times \frac{d}{a} \quad \text{for } \frac{a}{d} < 2.5 \quad (10-2)$$

3- التحقق من فعالية العلاقة المقترحة:

للتحقق من قدرة العلاقة المقترحة على توقع مقاومة القص الحدية لجوائز البيتون العادي والعالى المقاومة، تم إجراء مقارنة بين عامل أدائها وعامل أداء العلاقات المذكورة سابقاً، كما هو مبين في الجدول (2). تعتبر العلاقة المقترحة (Zsutty-Modified) أكثر العلاقات قدرة على توقع قيم دقيقة لمقاومة القص، فهي علاقة محافظة باعتبار أن القيمة المتوسطة لعامل الأداء ( $v_u/v_n=1.74$ )، وذات انحراف أصغري مقارنة ببقية العلاقات ( $COV=37.3\%$ ). وهذه العلاقة لم تتبالغ في تقييم قوة القص، إذ لم يتجاوز عدد العينات غير الآمنة 6 عينات مقارنة بالعلاقات الأخرى كعلاقتي الكودين JSCE و BS8110. كما حققت فاعلية إنشائية مقبولة إذ بلغ عدد العينات ذات ( $2 \geq v_u/v_n \geq 1$ ) عينة، وتميزت بمعامل التحديد الأكبر ( $R^2=0.9$ )، وعامل الارتباط الجيد  $|R|>0.8$  وبالتالي هي علاقة جيدة بحسب [18].

الجدول (2) قيم عامل أداء ( $v_u/v_n$ ) علاقات مقاومة القص المدروسة والعلاقة المقترحة

$v_u/v_n$ Zsutty- Modified	$v_u/v_n$ Zsutty	$v_u/v_n$ CAN	$v_u/v_n$ NZS 3101	$v_u/v_n$ JSCE	$v_u/v_n$ BS	$v_u/v_n$ ACI	اسم الجائز
1.29	0.95	1.33	1.20	0.87	0.83	1.31	B61-R
2.43	1.95	2.86	2.57	1.85	1.97	2.77	1.2/1
2.39	2.73	6.89	6.20	3.84	5.87	6.50	2.2/1
3.06	2.28	2.60	2.53	2.13	2.57	2.72	2.3/1
3.72	2.99	3.98	3.58	2.79	3.37	4.00	2.4/1
3.00	1.99	2.25	2.02	1.89	1.96	2.35	2.6/1
1.26	0.97	1.47	1.32	0.92	1.04	1.41	SFSCCB0
3.71	2.28	2.82	2.54	1.91	1.73	2.90	V1A
4.42	2.72	3.37	3.03	2.28	2.07	3.45	V1B
3.44	2.46	2.62	2.36	2.06	1.87	2.78	V4A
3.45	2.47	2.63	2.36	2.07	1.87	2.78	V4B
2.59	1.86	2.00	1.80	1.59	1.64	2.12	V7A
2.21	1.59	1.71	1.53	1.36	1.40	1.80	V7B
3.37	2.24	2.57	2.32	1.87	1.70	2.69	VP1A
3.21	2.13	2.45	2.20	1.78	1.62	2.56	VP1B
2.27	2.60	4.41	3.97	2.61	3.11	4.44	V12A
1.79	2.05	3.48	3.13	2.06	2.45	3.51	V12B
1.06	0.82	1.07	0.96	0.72	0.85	1.08	A00
0.70	0.72	1.30	1.17	0.76	1.04	1.27	Boo
1.78	1.69	2.69	2.42	1.16	1.80	2.56	PCB1
1.72	1.92	5.19	4.67	1.84	3.48	4.59	PCB2

0.85	1.26	8.54	7.69	1.97	5.72	6.22	PCB3
3.58	2.35	3.10	2.79	1.87	1.78	3.12	A1
3.50	2.30	3.03	2.72	1.83	1.74	3.05	A2
3.85	2.53	3.33	3.00	2.01	1.92	3.36	A3
1.90	1.16	1.12	1.19	0.92	1.00	1.21	A
1.15	1.34	2.77	2.49	1.23	1.65	2.53	P35
1.96	2.29	4.72	4.25	2.10	2.83	4.32	P38
1.51	1.07	1.13	1.14	0.94	1.09	1.19	1

تابع الجدول (2) قيم عامل أداء ( $v_u/v_n$ ) علاقات مقاومة القص المدروسة والعلاقة المقترحة

$v_u/v_n$ Zsutty- Modified	$v_u/v_n$ Zsutty	$v_u/v_n$ CAN	$v_u/v_n$ NZS 3101	$v_u/v_n$ JSCE	$v_u/v_n$ BS	$v_u/v_n$ ACI	اسم الجائز
1.73	1.36	2.13	1.91	1.15	1.42	2.00	B10
2.00	1.62	2.78	2.50	1.37	1.69	2.48	B11
1.96	1.58	2.72	2.45	1.34	1.65	2.43	B12
1.88	1.19	1.46	1.34	0.94	1.15	1.50	B31
1.09	1.16	2.08	1.87	1.07	1.48	2.04	Sp1
1.32	1.11	1.48	1.33	0.84	1.05	1.49	Sp2
1.46	1.14	1.43	1.29	0.87	1.02	1.46	Sp3
1.04	1.05	1.99	1.79	0.96	1.34	1.90	Sp4
1.52	1.18	1.70	1.53	0.89	1.12	1.66	Sp5
1.87	1.38	1.83	1.65	1.05	1.23	1.84	Sp6
1.51	1.28	2.04	1.84	1.07	1.33	1.96	A
0.81	0.81	1.40	1.26	0.89	1.32	1.41	S1
1.58	1.58	2.72	2.45	1.74	2.57	2.75	S2
1.51	2.01	4.44	3.99	1.92	2.77	3.90	1
1.35	1.32	2.04	1.83	1.05	1.27	1.93	4
1.05	1.15	2.24	2.01	0.92	1.11	1.83	14
2.50	2.74	5.32	4.79	2.18	2.63	4.36	15
2.55	2.79	5.42	4.88	2.22	2.68	4.44	16
1.17	1.08	1.84	1.65	0.86	0.91	1.66	17
1.18	1.10	1.86	1.67	0.87	0.92	1.68	20
1.30	1.07	1.65	1.49	0.84	0.82	1.57	21
1.52	1.26	1.94	1.74	0.98	0.96	1.84	22
1.79	1.69	3.40	4.31	2.56	4.05	3.51	SN1
2.98	1.97	2.01	2.55	1.95	2.39	2.14	SN2
2.97	1.72	1.56	1.98	1.72	1.86	1.69	SN3
1.48	1.47	3.83	3.45	1.85	2.94	3.60	NN1
1.79	1.58	2.80	2.52	1.57	2.15	2.75	NN2
2.14	1.48	1.95	1.76	1.21	1.50	1.97	NN3
1.49	0.96	1.19	1.07	0.80	0.91	1.22	NN4
1.27	1.39	3.28	2.95	1.76	2.79	3.22	NM1
1.51	1.47	2.36	2.12	1.47	2.01	2.39	NM2

1.88	1.45	1.72	1.55	1.19	1.47	1.78	NM3
1.59	1.14	1.27	1.15	0.95	1.09	1.34	NM4
1.29	1.47	3.34	3.01	1.86	2.95	3.33	NH1
1.68	1.70	2.62	2.36	1.70	2.32	2.69	NH2
2.02	1.61	1.85	1.66	1.32	1.63	1.93	NH3
1.91	1.42	1.53	1.38	1.18	1.35	1.62	NH4
1.36	0.90	0.81	1.02	0.88	0.96	0.88	B2-1
1.41	0.88	0.75	0.94	0.86	0.88	0.81	B2-2
1.42	0.84	0.68	0.86	0.82	0.80	0.74	B2-3

تابع الجدول (2) قيم عامل أداء ( $v_u/v_n$ ) علاقات مقاومة القص المدروسة والعلاقة المقترحة

$v_u/v_n$ Zsutty- Modified	$v_u/v_n$ Zsutty	$v_u/v_n$ CAN	$v_u/v_n$ NZS 3101	$v_u/v_n$ JSCE	$v_u/v_n$ BS	$v_u/v_n$ ACI	اسم الجائز
1.40	0.79	0.61	0.77	0.77	0.73	0.67	B2-4
1.36	0.73	0.55	0.69	0.71	0.65	0.61	B2-5
1.50	1.04	1.04	1.10	1.02	1.11	1.11	B3-1
1.44	0.95	0.89	0.95	0.93	0.95	0.96	B3-2
1.41	0.88	0.79	0.84	0.86	0.85	0.86	B3-3
1.47	0.87	0.75	0.80	0.85	0.80	0.82	B3-4
1.40	0.79	0.67	0.71	0.77	0.71	0.73	B3-5
1.48	0.80	0.65	0.69	0.78	0.70	0.72	B3-6
1.79	1.34	1.52	1.37	1.31	1.42	1.59	B4-1
1.79	1.26	1.36	1.22	1.24	1.26	1.43	B4-2
1.71	1.14	1.18	1.06	1.12	1.10	1.25	B4-3
1.66	1.05	1.05	0.94	1.03	0.97	1.12	B4-4
1.57	0.95	0.91	0.82	0.93	0.85	0.98	B4-5
1.51	0.88	0.82	0.74	0.86	0.77	0.89	B4-6
1.98	1.55	1.94	1.75	1.52	1.64	1.98	B5-1
1.86	1.37	1.63	1.47	1.35	1.38	1.69	B5-2
1.68	1.17	1.33	1.20	1.15	1.13	1.40	B5-3
1.73	1.15	1.26	1.13	1.13	1.06	1.33	B5-4
1.67	1.07	1.13	1.01	1.04	0.95	1.19	B5-5
1.61	0.99	1.01	0.91	0.96	0.85	1.08	B5-6
1.09	0.73	0.87	0.91	1.00	0.99	0.90	LD1-N
1.19	0.80	0.95	1.00	1.09	1.08	0.99	LD1-S
0.98	0.68	0.78	0.82	0.92	0.91	0.82	SR2-S
1.36	0.88	0.97	0.99	1.07	1.12	1.02	LD6-N
1.23	0.80	0.87	0.90	0.96	1.01	0.92	LD6-S
0.86	0.80	1.28	1.15	0.80	1.09	1.23	4A3
0.71	0.71	1.30	1.17	0.70	0.96	1.16	5A3
1.08	0.86	1.42	1.28	0.76	0.97	1.31	11A2
1.28	0.95	1.57	1.42	0.85	0.91	1.44	12A2
1.32	0.94	1.54	1.38	0.83	1.06	1.41	18A2

1.30	0.93	1.51	1.36	0.82	1.05	1.40	18B2
1.12	0.82	1.31	1.18	0.72	0.93	1.22	18C2
1.14	0.83	1.33	1.19	0.73	0.93	1.23	18D2
1.54	0.90	0.98	1.18	0.79	1.02	1.04	13A2
1.50	0.83	0.90	0.93	0.74	0.80	0.95	14A2
1.27	0.81	1.05	0.94	0.71	0.91	1.06	15A2
1.52	0.98	1.26	1.13	0.86	1.10	1.28	15B2
1.60	0.98	1.24	1.12	0.87	0.94	1.26	16A2
1.54	0.96	1.30	1.17	0.86	0.93	1.30	17A2
1.20	0.86	1.40	1.26	0.76	0.97	1.29	1800
1.32	0.89	1.44	1.29	0.79	0.85	1.33	19A2

تابع الجدول (2) قيم عامل أداء ( $v_u/v_n$ ) علاقات مقاومة القص المدروسة والعلاقة المقترحة

$v_u/v_n$ Zsutty- Modified	$v_u/v_n$ Zsutty	$v_u/v_n$ CAN	$v_u/v_n$ NZS 3101	$v_u/v_n$ JSCE	$v_u/v_n$ BS	$v_u/v_n$ ACI	اسم الجائز
1.23	0.86	1.51	1.36	0.77	0.82	1.33	20A2
1.25	0.89	1.63	1.46	0.85	0.85	1.39	21A2
2.11	1.06	1.03	1.10	0.93	0.96	1.11	1AC
1.70	0.90	0.96	0.86	0.80	0.81	1.02	2AC
1.85	1.03	1.28	1.15	0.91	0.93	1.31	3AC
1.72	0.97	1.37	1.23	0.86	0.87	1.35	4AC
1.46	0.87	1.31	1.18	0.77	0.78	1.25	5AC
1.65	1.06	1.65	1.49	0.93	0.94	1.56	6AC
2.21	0.99	0.92	0.98	0.86	0.83	0.99	1CC
2.08	0.99	0.99	0.89	0.86	0.83	1.06	2CC
1.97	1.01	1.16	1.05	0.87	0.85	1.21	3CC
1.94	1.04	1.31	1.18	0.90	0.87	1.33	4CC
1.94	1.07	1.47	1.32	0.93	0.89	1.46	5CC
1.73	0.99	1.47	1.32	0.86	0.82	1.42	6CC
1.51	1.02	1.67	1.50	0.91	1.01	1.54	6C
1.53	1.05	1.31	1.18	0.93	1.04	1.34	3AAC
1.52	1.06	1.49	1.34	0.94	1.05	1.47	4AAC
1.23	0.91	1.36	1.22	0.81	0.90	1.31	5AAC
1.17	0.90	1.45	1.31	0.80	0.89	1.35	6AAC
1.82	1.09	1.26	1.13	0.96	0.99	1.31	3AC
1.63	1.02	1.30	1.17	0.90	0.92	1.32	4AC
1.41	0.92	1.26	1.13	0.81	0.83	1.25	5AC
1.35	0.92	1.35	1.22	0.81	0.83	1.31	6AC
1.73	1.02	1.16	1.05	0.89	0.85	1.22	4CC
1.71	1.04	1.29	1.16	0.90	0.87	1.32	5CC
1.45	0.92	1.23	1.11	0.80	0.77	1.24	6CC
1.91	1.10	1.64	1.47	0.98	1.10	1.58	3AAC
1.65	1.00	1.63	1.46	0.89	1.00	1.50	4AAC

1.58	1.02	1.74	1.57	0.91	1.01	1.57	5AAC
1.44	0.95	1.80	1.62	0.85	0.94	1.51	6AAC
2.03	1.06	1.41	1.27	0.93	0.96	1.41	3AC
1.84	0.99	1.46	1.31	0.88	0.89	1.41	4AC
1.78	1.03	1.59	1.43	0.91	0.92	1.51	5AC
1.69	0.98	1.69	1.52	0.86	0.87	1.50	6AC
1.94	0.91	1.14	1.03	0.79	0.76	1.17	3CC
1.88	0.97	1.26	1.14	0.84	0.81	1.28	4CC
1.73	0.90	1.31	1.18	0.78	0.75	1.27	5CC
1.81	0.97	1.54	1.39	0.84	0.81	1.44	6CC
1.44	0.88	1.20	1.08	0.84	1.08	1.20	C
1.63	0.95	1.10	0.99	0.83	0.80	1.15	Oca
1.79	1.06	1.20	1.08	0.92	0.89	1.26	Ocb

تابع الجدول (2) قيم عامل أداء  $(v_u/v_n)$  علاقات مقاومة القص المدروسة والعلاقة المقترحة

$v_u/v_n$ Zsuty- Modified	$v_u/v_n$ Zsuty	$v_u/v_n$ CAN	$v_u/v_n$ NZS 3101	$v_u/v_n$ JSCE	$v_u/v_n$ BS	$v_u/v_n$ ACI	اسم الجائز
1.32	0.89	1.10	0.99	0.90	0.99	1.13	Oca
1.23	0.84	1.03	0.93	0.84	0.93	1.06	Ocb
1.74	1.26	1.84	1.70	1.16	1.36	1.79	average
4.42	2.99	8.54	7.69	3.84	5.87	6.50	Maximum
0.70	0.68	0.55	0.69	0.70	0.65	0.61	Minimum
37.3	41.3	63.7	62.1	44.1	60.7	56.6	Cov %
0.90	0.86	0.80	0.80	0.84	0.80	0.81	R <sup>2</sup>
0.81	0.74	0.64	0.64	0.71	0.64	0.65	R
6	64	22	27	94	73	18	عدد العينات ذات $v_u/v_n < 1$
120	71	90	90	46	59	97	عدد العينات ذات $2 \geq v_u/v_n \geq 1$

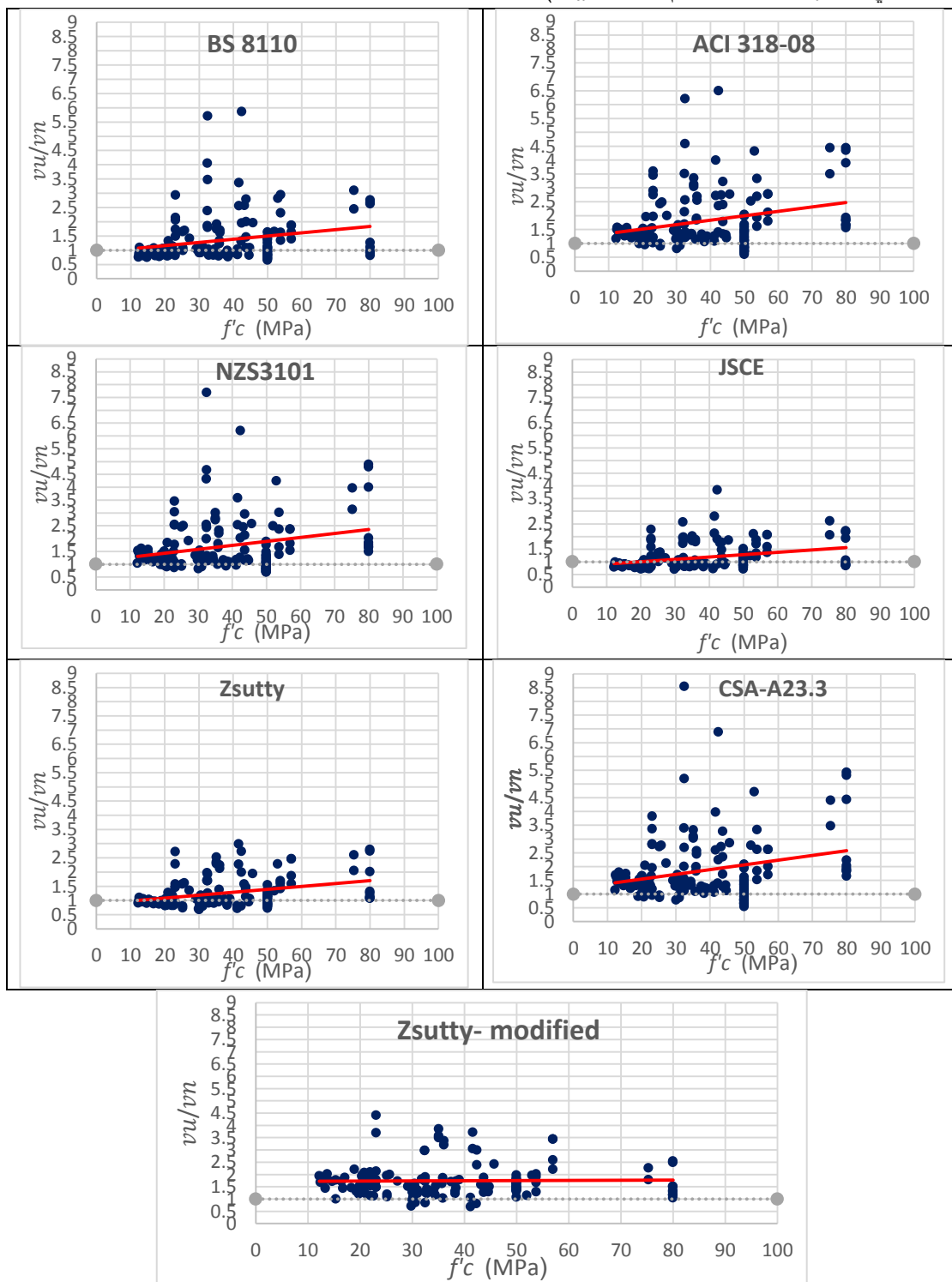
#### 4- دراسة مدى حساسية (sensitivity) العلاقة المقترحة والعلاقات المدروسة لتغير العوامل الأساسية المؤثرة على مقاومة القص $(f'_c, \rho, a/d)$ .

لتقييم مدى تأثير العلاقة بتغير أي عامل من العوامل المستقلة سوف نعتمد ميل خط الانحدار (the slope of linear regression) لتقييم عامل الأداء  $(v_u/v_n)$ . فعندما يكون الميل موجباً (أي زيادة قيمة عامل الأداء  $v_u/v_n$  بازدياد العامل المدروس) يزداد مستوى الأمان مع زيادة قيمة العامل المدروس، بعبارة أخرى العلاقة تعطي قيمة أقل من القيم التجريبية (فالعلاقة underestimated)، أما عندما يكون الميل سالباً يتناقص مستوى الأمان مع زيادة قيمة العامل المدروس، أي أن العلاقة تعطي قيمة أكبر من القيم التجريبية (فالعلاقة تتبالغ في التقييم overestimated).

- يظهر الشكل (1) توزيع قيم عامل أداء  $(v_u/v_n)$  العلاقات المدروسة والعلاقة المقترحة Zsuty-modified بالنسبة للمقاومة على الضغط  $f'_c$ .

تظهر العلاقات المدروسة تأثيراً واضحاً بتغير  $f'_c$ ، إذ يلاحظ انخفاضاً لمستوى الأمان بالنسبة للبيتون العادي المقاومة  $(f'_c < 40MPa)$ ، ويزداد مستوى الأمان مع ازدياد قيم  $f'_c$  (ازدياد قيم  $v_u/v_n$ ). في حين تبدو العلاقة المقترحة أقل

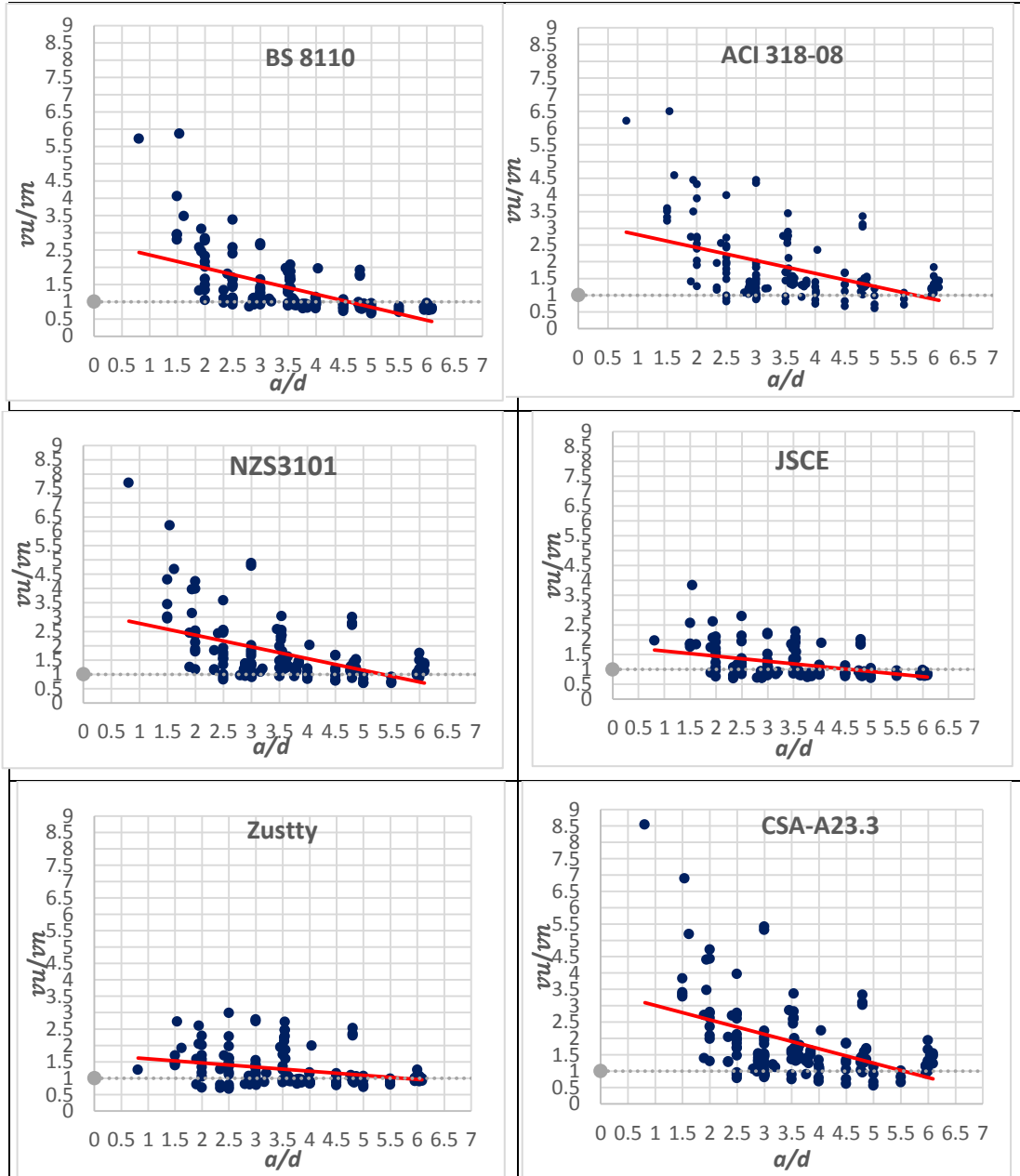
تأثراً بتغير  $f'_c$ ، إذ تُظهر مستوى أمان ثابت بالنسبة للبيتون العادي والعالي المقاومة (خط الانحدار أفقي تقريباً لأن العلاقة تعطي قيمة  $\nu_n$  قريبة من القيم التجريبية  $\nu_u$ ).

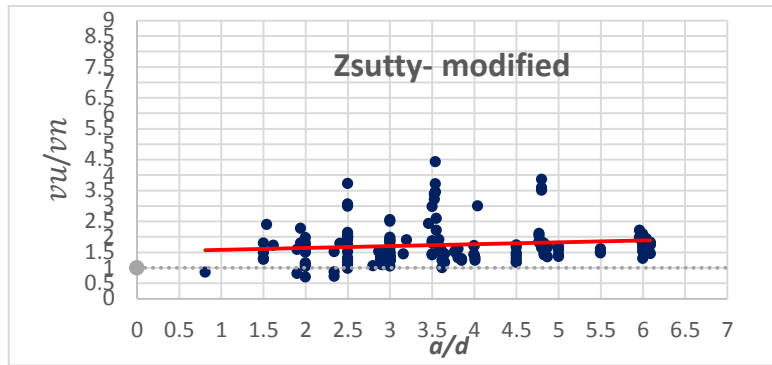


الشكل (1) توزيع قيم عامل أداء العلاقة المقترحة والعلاقات المدروسة بالنسبة للمقاومة على الضغط  $f'_c$



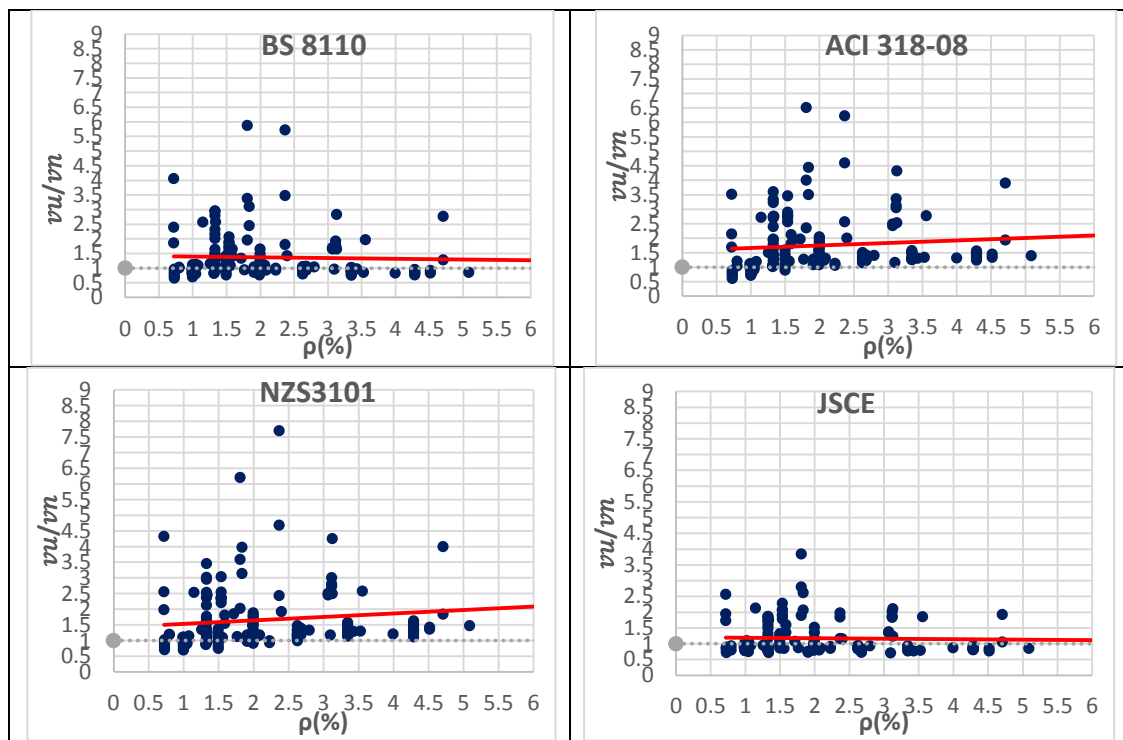
- يظهر الشكل (2) أن زيادة النسبة  $a/d$  يرافقها انخفاض لميل خط الانحدار (تناسب عكسي) لغالبية العلاقات المدروسة، مما يعني زيادة الخطورة في حال الجوائز النحيفة  $a/d > 2.5$  slender beams (حيث تعطي العلاقات قيماً  $v_n$  أكبر من القيم التجريبية  $v_u$ ). تبدي العلاقة Zsutty- modified تأثيراً أقل بتغير النسبة  $a/d$  مقارنة بالعلاقات الأخرى (ميل خط الانحدار أفقي تقريباً)، تليها علاقة Zsutty وعلاقة الكود JSCE، في حين تبدو علاقة الكود CSA-A23.3 أكثر العلاقات تأثيراً بتغير النسبة  $a/d$  وهذا واضح في العلاقة (5)، حيث أن قوة القص تابع فقط ل  $f'_c$ ، وقد أهمل تأثير العمل القوسي للجوائز (أي تأثير النسبة  $a/d$ ).

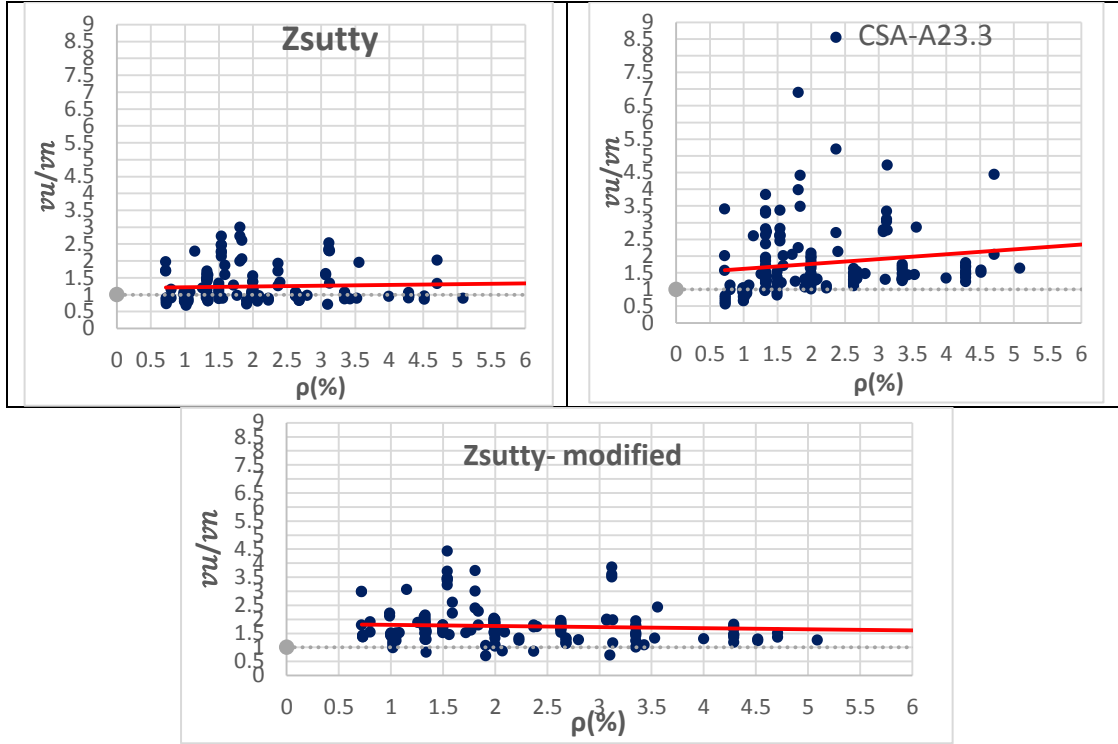




الشكل (2) توزيع قيم عامل أداء العلاقة المقترحة والعلاقات المدروسة تبعاً لتغير النسبة  $a/d$

- يظهر الشكل (3) تأثير العلاقات المدروسة بتغير نسبة تسليح الشد  $\rho$ ، حيث تبدي العلاقات JSCE و Zsutty و Zsutty- modified و BS 8110 تأثيراً أقل بتغير النسبة  $\rho$  مقارنة ببقية العلاقات، إذ يبدو ميل خط الانحدار أقرب للأفقي. بينما نلاحظ تشتت أكثر للنسب  $v_u/v_n$  في بقية العلاقات مع ازدياد نسبة تسليح الشد  $\rho$ ، هذا يعني أن هذه العلاقات تتبالغ في التقييم ( overestimated تعطي قيمة حسابية  $v_n$  أكبر من التجريبية  $v_u$ ) في الجوائز ذات نسب التسليح المنخفضة.





الشكل (3) توزيع قيم عامل أداء العلاقة المقترحة والعلاقات المدروسة تبعاً للنسبة  $\rho$

### الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تم التوصل لعلاقة Zsutty-Modified التي تمكن من حساب قوة القص المسببة لانهايار جوائز البيتون العادي والعالي المقاومة، وتضم أهم العوامل المؤثرة على مقاومة القص (المقاومة على الضغط  $f'_c$ ، نسبة تسليح الشد  $\rho$ ، النسبة  $a/d$ ).
- 2- أظهرت المقارنة بين القيم التي تعطيها العلاقة المقترحة (Zsutty- Modified) والقيم التي تعطيها العلاقات الواردة في الدراسات المرجعية (ACI 318-08 و BS 8110 و NZS3101 و JSCE و CSA-A23.3 و Zsutty)، أن العلاقة المقترحة (Zsutty- Modified) هي أكثر العلاقات قدرة على توقع قيم دقيقة لقوة القص، فقد بلغت القيمة المتوسطة لعامل أدائها ( $v_u/v_n=1.74$ ) وبتشتت أصغري ( $COV=37.3\%$ ) ومعامل الارتباط الأكبر ( $R=0.81$ ).
- 3- تظهر العلاقات الواردة في الدراسات المرجعية تأثراً واضحاً بتغير العوامل المدروسة ( $a/d$ ،  $\rho$ ،  $f'_c$ ) وهذه العلاقات تبالغ في التقييم (انخفاض لمستوى الأمان) من أجل جوائز البيتون العادي المقاومة ذات القيم المرتفعة للنسبة  $a/d$  ونسب التسليح المنخفضة  $\rho$ ، في حين أظهرت العلاقة المقترحة تأثراً أقل بتغير العوامل المدروسة ( $a/d$ ،  $\rho$ ،  $f'_c$ ) وحفاظاً على عامل أمان ثابت في جميع الحالات.

### References:

- 1-RAJU, " Review on Shear Behaviour of Reinforced Concrete Beam without Transverse Reinforcement" Journal of Engineering Research and Applications , vol. 4, No. 4, 2014, 116-121.

- 2- HEISER, J. M, "*Shear Behavior of Reduced Unit Weight Concrete Using Lightweight Synthetic Particles*", A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science 2010, 174.
- 3- ALJUBAYLIN; NASSER, I; ASLAN,T, " *Study of the shear strength equations of reinforced concrete beams with and without steel fibers and suggestion an equation to the case of lightweight concrete*" journal al Baath university, vol. 39, No. 12, 2017, 11-40.
- 4- ACI Committee 318. "*Building Code requirements for reinforced concrete. American Concrete Institute*", U.S.A, 2008, 473.
- 5- BS 8110, "*Code of Practice for Design and Construction*", 2nd Edition, BSI, London, 1997, 150.
- 6- Fujita, M; Sato,R; Matsumoto; Takki, Y " *Size effect on shear strength of RC beams using HSC without reinforcement* " Translation from proceedings of *Materials, Conc. Struct. Pavements*, JSCE, Vol.711/V56, August 2002, 113-128.
- 7- NZS 3101 part 1, " *Code of Practice for the Design of Concrete Structures*" , New Zealand Standard, 2006, 309.
- 8- CSA Committee A23.3, "*Design of Concrete Structures*" Canadian Standards Association, Mississauga, Ontario, Canada, 2004, 214.
- 9- Zsutty, T.C. "*Beam shear strength prediction by analysis of existing data*". ACI Journal. vol. 65, No. 11, 1968, 943-951.
- 10- RAMADAN. A.I; ABD-ELSHAFY.A.A, "*Statistical Prediction Equations for RC Deep Beam Without Stirrups*" Facing the Challenges in Structural Engineering, 2018. <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61914-9\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61914-9_26)>
- 11-SUDHEER,R.L ;RAMANA Rao, N.V; Gunneswara Rao T.D. "*Shear Resistance of High Strength Concrete Beams Without Shear Reinforcement*" Int. J. Civ. Struct. Eng Vol. 1, No.1, 2010, 101-113.
- 12- MONDO, E. "*Shear Capacity of Steel Fibre Reinforced Concrete Beams without Conventional Shear Reinforcement*". Master of Science Thesis. Stockholm, Sweden. 2011,113.
- 13-SLABY. A; AZIZ. K; HADEED. A. "*Mechanical Properties of Porcelainite Reinforced Concrete Beams*". IJCE, Vol. 10, 2008, 25.
- 14- HUANG. C, H; CHEN, L. H; KANG, Y. C; WU.C,H; YEN.T. "*Shear Behavior of Full Size Reinforced Lightweight Concrete Beam*". 2011. <<http://ir.lib.cyut.edu.tw:8080/bitstream/310901800/10896/1/18.pdf>>.
- 15- CHAO-Wei .T; Tsong. Y; HOW-Ji. C, "*Shear Behavior of Reinforced Concrete Beams Made with Sedimentary Lightweight Aggregate without Shear Reinforcement*", Journal of Materials in Civil Engineering , ASCE , Vol. 21, No. 12 2009, 730- 739.
- 16-SHAH, A; AHMAD,S "*Experimental Verification of Current Shear Design Equations for HSRC Beams*" Journal of Engineering & Technology, Volume 31, No.3, 2012, 409-420.
- 17- KLEIN. J,R, "*Behavior of Slender Beams without Stirrups: Effects of Load Distribution and Member Depth*" Master of Science in Engineering Thesis, Texas, Austin, 2015, 164.
- 18- SARVEGHADI. M; GANDOMI. A,H; BOLANDI.H; ALAVI. A, H "*Development of prediction models for shear strength of SFRCB using a machine learning approach*", Neural Comput & Applic, 2015, 10.